

七星瓢虫对苜蓿斑蚜捕食作用的研究

张 蓉^{1,2}, 杨 芳¹, 马建华²

(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 宁夏农林科学院植物保护研究所, 银川 750002)

摘要 七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)捕食苜蓿斑蚜(*Therioaphis trifolii*)的数量与苜蓿斑蚜密度呈负加速曲线关系,功能反应符合 Holling-Ⅱ 型模型,为 $N_a = 1.024 \cdot 2N / (1 + 0.003 \cdot 3N)$,捕食苜蓿斑蚜的数量随斑蚜密度增加而增大,但寻找效应随之而降低,日最大捕食量为 313 头。在 10~25 ℃ 下,七星瓢虫捕食率 y 与温度 x 的关系为 $y = 2.41x + 30.075$,在 25~35 ℃ 间的捕食率 y 与温度 x 的关系为 $y = 120 - 1.2x$,25 ℃ 下七星瓢虫捕食率最高,捕食率达 90.5%。在种内干扰条件下,其捕食作用率 E 随天敌密度 P 的增加而减少,干扰反应数学模型为 $E = 0.419 \cdot 3P^{-0.5018}$ 。随着叶片数量增多,七星瓢虫和斑蚜之间的距离相对增大,造成捕食率的下降。

关键词 七星瓢虫; 苜蓿斑蚜; 捕食作用

中图分类号 S 476.2

Studies on predation of *Coccinella septempunctata* on *Therioaphis trifolii*

Zhang Rong^{1,2}, Yang Fang¹, Ma Jianhua²

(1. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract The functional response of *Coccinella septempunctata* to *Therioaphis trifolii* fitted Holling-Ⅱ type equation; $N_a = 1.024 \cdot 2N / (1 + 0.003 \cdot 3N)$. The relationship between the quantity of spotted aphids preyed by ladybirds and the density of spotted aphids could be represented by a negative accelerative curve. The searching efficiency decreased with the increase of the spotted aphid density. The daily maximum number of spotted aphids preyed by a ladybird was theoretically 313. At the range of 10—25 ℃, the relationship between the predation ratio (y) and temperature (x) was $y = 3.4x - 7.9375$, but at 25—35 ℃, the relationship became $y = 120 - 1.2x$. The predation ratio was the highest at 25 ℃, up to 90.5%. Under intraspecific interference, the predation ratio (E) decreased with the increase of natural enemy density (P). The natural interference equation was $E = 0.419 \cdot 3P^{-0.5018}$. The results also showed that the relative distance between the ladybirds and spotted aphids enlarged with the increase of alfalfa leaves, which led to the decrease of predation ratio. This research may provide the scientific basis for controlling alfalfa spotted aphids with *C. septempunctata*.

Key words *Coccinella septempunctata*; *Therioaphis trifolii*; predation

近年来随着苜蓿种植面积的剧增和大面积连片种植,宁夏特别是南部山区苜蓿斑蚜(*Therioaphis trifolii*)的发生和为害呈逐年上升趋势,经 2001—

2005 年连续 5 年调查,苜蓿斑蚜目前已成为为害苜蓿的重要害虫之一^[1]。

苜蓿斑蚜天敌资源非常丰富,其中七星瓢虫

收稿日期: 2006-10-19 修订日期: 2007-01-11

基金项目: 宁夏“十五”重大科技攻关项目(2002-Z01-06)

* 通讯作者 Tel:0951-5011854; E-mail: zhangrong_nx@yahoo.com.cn

(*Coccinella septempunctata*) 是苜蓿斑蚜的天敌优势种之一^[2],对苜蓿斑蚜具有较强的自然控制作用。有关瓢虫如七星瓢虫、龟纹瓢虫、异色瓢虫对蚜虫的捕食功能作用已有研究^[3-6],但关于七星瓢虫对苜蓿斑蚜的捕食作用研究,目前国内外尚未见报道。本文通过研究七星瓢虫对苜蓿斑蚜的捕食功能反应,温度对其捕食功能的影响以及天敌不同密度的干扰反应等系列试验^[7-8],为正确评价七星瓢虫对苜蓿斑蚜的控制作用,充分利用和保护天敌提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

供试虫源苜蓿斑蚜和七星瓢虫成虫均采自宁夏固原市原州区头营苜蓿地。七星瓢虫捕回后在室内饥饿 24 h 进行试验;苜蓿斑蚜连同植株一同带回室内,挑取基本一致的高龄若蚜或成蚜进行试验。

1.2 七星瓢虫对苜蓿斑蚜的捕食功能反应

试验在室内自然温度条件下进行(25℃左右),在直径为 12 cm 的培养皿放入新鲜苜蓿嫩叶,并用脱脂棉球保湿,接入苜蓿斑蚜高龄若蚜或成蚜,斑蚜密度设置为 30、50、80、120、160、200 头/皿,每一密度设 4 次重复,每皿引入 1 头七星瓢虫,24 h 后观察记载各培养皿中剩余的蚜量和自然死亡的蚜虫头数。测定天敌的日捕食量,并以自然死亡率校正,确定天敌的捕食效能与斑蚜虫口密度的关系,建立捕食功能反应模型。

1.3 不同温度对七星瓢虫捕食功能的影响

在温度分别为 10、15、20、25、30、35℃的 HPG-280H 人工气候箱内(精度为±0.5℃,L//D=12 h//12 h),分别放入内有 1 头七星瓢虫和 100 头苜蓿斑蚜的培养皿,设 4 次重复,24 h 后观察记载各培养皿中剩余的蚜量和自然死亡的蚜虫数量。拟合 Holling 模型,分析天敌的捕食效能与温度条件的关系。

1.4 七星瓢虫不同密度对捕食量的干扰效应

在室内自然温度条件下(25℃左右),七星瓢虫密度设为 1、2、3、4、5 头/皿,苜蓿斑蚜密度分别设计为 200 头/皿,4 次重复,24 h 后观察记载各培养皿中剩余的蚜量。拟合 Hasse II 方程,分析天敌密度对捕食率的影响。

1.5 七星瓢虫捕食作用对斑蚜分布的反应

在室内自然温度条件下(25℃左右),培养皿中

放入复叶 1、2、3、4、5 片/皿,苜蓿斑蚜密度设 100 头/皿,七星瓢虫 1 头,4 次重复,24 h 后观察记载各培养皿中剩余的蚜量,测定天敌的日捕食量。

2 结果和分析

2.1 七星瓢虫对苜蓿斑蚜的捕食功能反应

随着苜蓿斑蚜密度的增大,七星瓢虫的捕食量也逐渐增大,当斑蚜密度增加到一定程度时,捕食量增加的速度变慢(表 1),可以看出七星瓢虫功能反应属于 Holling(1959)提出的 3 种基本曲线类型中的 II 型反应^[9-11],可用 Holling-II 型圆盘方程式 $N_a = a' \cdot N \cdot T / (1 + a' \cdot T_h \cdot N)$ 来拟合。

在 Holling II 型圆盘方程数学模型式中, N_a 为被捕食的斑蚜数量, N 为斑蚜密度, a' 为捕食者对斑蚜的瞬时攻击率, T 为捕食者可以利用发现斑蚜的时间(或试验用的总时间), T_h 为处置时间。经计算,七星瓢虫 $1/N$ 与 $1/N_a$ 之间相关系数 r 为 0.983 8, $df=4$ 时, $r_{0.05}=0.811$, $r_{0.01}=0.917$, $r>r_{0.01}$,表明两者极相关,得出七星瓢虫捕食功能反应模型为:

$$N_a = 1.024\ 2N / (1 + 0.003\ 3N),$$

其中处置时间 T_h 为 0.003 2,瞬时攻击率 a' 为 1.024 2,当斑蚜密度 $N \rightarrow \infty$ 时,七星瓢虫最大捕食量 $N_{a\max}$ 为 313 头。为了检验模型的精度,将理论值与实测值进行 χ^2 检验, $\chi^2=9.456\ 1$, $df=5$ 时, $\chi^2_{0.05}=11.07$, $\chi^2<\chi^2_{0.05}$,说明 Holling-II 型圆盘方程能很好地拟合,理论值和实测值完全吻合。

寻找效应是捕食性天敌在捕食过程中对于猎物攻击的一种行为效应,必须依赖猎物的种群密度,其表达式为 $S = a' / (1 + a' \cdot T_h \cdot N_t)$,七星瓢虫寻找效应见表 1,其寻找效应随斑蚜密度的增加而降低,当斑蚜密度为 30 头/皿时,其寻找效应达到 0.931 9,而斑蚜密度为 200 头/皿时,其寻找效应下降到 0.617 0。

表 1 七星瓢虫对不同密度苜蓿斑蚜的捕食作用结果

蚜虫密度 /头·皿 ⁻¹	捕食量/头·天敌 ⁻¹					理论数	寻找效应
	1	2	3	4	平均		
30	26	28	29	24	26.75	27.96	0.931 3
50	50	50	43	49	48.00	43.96	0.879 1
80	75	80	77	79	77.75	64.82	0.810 3
120	117	31	102	118	92.00	88.04	0.733 7
160	83	91	121	96	97.75	107.25	0.670 3
200	99	107	77	107	97.50	123.40	0.617 0

2.2 不同温度对七星瓢虫捕食功能的影响

由表 2 看出,在 10~25℃范围内,随着温度的

升高,七星瓢虫捕食蚜虫头数增多,而在 25~35 ℃ 有相反的趋势。对 10~25 ℃ 下七星瓢虫捕食率 y 与温度 x 进行相关分析, $r=0.991\ 3$, $df=2$ 时, $r_{0.01}=0.99\ 0$, $r>r_{0.01}$,表明两者相关极显著,其关系式为 $y=2.41x+30.075$;25~35 ℃ 间的捕食率 y 与温度 x 的相关系数为 0.989 7,两者相关极显著,其关系式为 $y=120-1.2x$ 。结果表明,25 ℃ 下七星瓢虫捕食率最高,捕食率达 90.5%,即 25 ℃ 为捕食的最适温度。在南部山区 6 月下旬至 7 月中旬昼温在 20~28 ℃ 之间,正好是七星瓢虫的活动高峰期,对斑蚜的捕食效率最高。

表 2 七星瓢虫在不同温度条件下的捕食作用

温度 /℃	捕食量/头·天敌 ⁻¹					捕食率 /%
	1	2	3	4	平均	
10	47	56	62	58	55.75	55.75
15	57	69	55	72	63.25	63.25
20	78	71	83	86	79.50	79.50
25	100	98	77	87	90.50	90.50
30	98	83	63	88	83.00	83.00
35	86	69	72	87	78.50	78.50

2.3 七星瓢虫不同密度对捕食量的干扰效应

由表 3 可知,在斑蚜密度不变时,随着七星瓢虫密度的增大,每头瓢虫的平均捕食量下降、捕食率降低,如七星瓢虫密度为 1 头/皿时,其捕食作用率为 0.627 1,而当密度为 5 头/皿时,其捕食作用率下降为 0.195 4,差别很大。所得数据可用 Hasse II (1959)提出的方程进行拟合^[12]:

$E = Q \cdot P^{-m}$,或对数形式 $\log E = \log Q - m \log P$

式中, E 为竞争下的捕食作用率, Q 为搜索常数, P 为捕食者密度, m 为干扰系数。经计算得出,七星瓢虫的干扰反应数学模型为: $E=0.419\ 3 P^{-0.501\ 8}$, $r=-0.977\ 8$,搜索常数 Q 为 0.419 3,干扰系数 m 为 0.501 8。经 χ^2 检验, $\chi^2=0.005\ 1$, $df=5$ 时, $\chi^2_{0.05}=7.82$, $\chi^2<\chi^2_{0.05}$,说明数学模型能极好地反应七星瓢虫自身密度对捕食苜蓿斑蚜的干扰情况。

表 3 七星瓢虫不同密度对捕食量的干扰反应

瓢虫密度/ 头·皿 ⁻¹	捕食量/头·天敌 ⁻¹					捕食作 用率(E)	理论 捕食率
	1	2	3	4	平均		
1	115	73	48	65	75.25	0.627 1	0.606 3
2	77	85	92	67	80.25	0.334 4	0.379 9
3	114	112	119	119	116.00	0.322 2	0.289 0
4	117	118	119	118	118.00	0.245 8	0.238 1
5	117	120	115	117	117.25	0.195 4	0.204 8

2.4 七星瓢虫捕食作用对斑蚜分布的反应

由试验结果看出(表 4),随着叶片数的增多,七星瓢虫捕食率逐渐下降,这是因为天敌的活动范围增大,针对斑蚜的密度相对降低,天敌与斑蚜之间的距离相对增大,使得天敌探测到猎物的机会减少,捕获难度增大,搜寻率下降,从而造成捕食率的下降。

表 4 七星瓢虫在不同密度复叶数条件下的捕食率

复叶数量 /片·皿 ⁻¹	捕食量/头·天敌 ⁻¹					捕食率 /%
	1	2	3	4	平均	
1	89	51	85	53	69.50	69.50
2	80	59	90	69	74.50	74.50
3	77	43	83	57	65.00	65.00
4	66	57	51	64	59.50	59.50
5	47	59	66	53	56.25	56.25

3 结论和讨论

天敌的捕食作用受温度、空间及异质性等条件的影响较大,不同试验条件可能有一定的差异,在本试验条件下,七星瓢虫对苜蓿斑蚜的功能反应在一定范围内随着猎物的密度增加而增大,其捕食苜蓿斑蚜的数量与苜蓿斑蚜密度呈负加速曲线关系,符合 Holling-Ⅱ 型功能仅应模型^[9-11]。

七星瓢虫一昼夜最大捕食苜蓿斑蚜的数量为 313 头,其控制苜蓿斑蚜的 a'/T_h 为 320.06,表明对斑蚜的控制能力非常强。七星瓢虫在田间种群密度大,发生时间长,具有很大的捕食潜力,是很有利用价值的一种重要的天敌资源,在苜蓿斑蚜的综合防治中应注意充分保护和利用。

七星瓢虫对苜蓿斑蚜的寻找效应随猎物密度的增加而降低,捕食量随着自身密度的增加而减少,相互之间存在干扰^[6-8]。

本试验在室内特定条件下进行,猎物和被捕食者均处于一个简单的封闭系统内,其生存条件和自然条件存在很大差异,所以试验结果与实际情况下的捕食量有一定差异,但作为评价七星瓢虫对苜蓿斑蚜的控制作用仍具有重要的意义。

参考文献

[1] 杨芳,张蓉,马建华. 苜蓿斑蚜危害苜蓿的产量损失及防治指标研究[J]. 四川草原,2005(1):23-24.
[2] 张蓉,马建华. 宁夏苜蓿害虫天敌种类及其田间发生规律的初步研究[J]. 草业科学,2003,20(7):60-62.
[3] 高孝华,时爱菊,曲耀训,等. 龟纹瓢虫捕食棉蚜的功能发应与

研究报告

- 寻找效应研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, 32(4): 457 - 460.
- [4] 王东昌, 袁忠林, 罗兰, 等. 异色瓢虫对桃大尾蚜的捕食作用研究[J]. 植物保护, 2001, 27(1): 29 - 31.
- [5] 薛明, 李照会, 李强. 七星瓢虫对萝卜蚜和桃蚜捕食功能的初步研究[J]. 山东农业大学学报, 27(2): 171 - 175.
- [6] 邹运鼎, 耿继光, 陈高潮, 等. 异色瓢虫若虫对麦二叉蚜的捕食作用[J]. 应用生态学报, 1996, 7(2): 197 - 200.
- [7] 邓建华, 谭仲夏, 单琼丽, 等. 异色瓢虫对烟蚜的捕食功能反应及密度干扰效应[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(5): 433 - 435.
- [8] 关秀敏, 孙绪良. 芬兰真绥螨捕食功能的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33(3): 297 - 301.
- [9] 丁岩钦. 天敌—害虫作用系统中的数学模型机主要参数估计[J]. 昆虫知识, 1983, 20(4): 187 - 190.
- [10] 吴伟坚, 梁广文. Holling 圆盘方程拟合方法概述[J]. 昆虫天敌, 1989, 11(2): 96 - 100.
- [11] HOLLING C S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism[J]. Can Entomol, 1959, 91: 385 - 398.
- [12] HASSELL M P. A population model for the interaction between *Cyzenis albicans* and *Operophtera brumata* at Wytham Berkshire[J]. J Anim Ecol, 1959, 38: 567 - 576.